

Recenzja
dotycząca osiągnięć i aktywności naukowej
dr inż. Przemysława Ptaka
w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dyscyplinie
Automatyka, Elektroniki i Elektrotechnika

1. Podstawy formalne recenzji

Opinia została przygotowana na zamówienie Uniwersytetu Morskiego, reprezentowanego przez Dziekana Wydziału Elektrycznego prof. dr hab. inż. Krzysztofa Góreckiego w związku z powołaniem, mnie przez Radę Naukową Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni na recenzenta komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Przemysławowi Ptakowi.

Podstawą opracowania recenzji były materiały przekazane przez Habilitanta, a mianowicie:

- autoreferat przygotowany zgodnie z wymogami stosownych ustaw i rozporządzeń, zawierający opis dorobku i osiągnięć naukowych oraz technicznych Kandydata uzyskanych po otrzymaniu stopnia doktora, a także omówienie osiągnięć badawczych świadczących o Jego aktywności naukowej,
- wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, w tym informacje o współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym,
- cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych i recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych p.t.: „*Badanie wpływu wybranych procesów montażu i zjawisk cieplnych na parametry elektryczne, termiczne i optyczne komponentów półprzewodnikowych źródeł światła*”, które należy rozpatrywać, jako osiągnięcie naukowe wymagane zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce,
- kopie publikacji naukowych stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta.
- oświadczenia współautorów potwierdzające indywidualny wkład dr. Przemysława Ptaka w powstanie publikacji przedstawionych do oceny jako osiągnięcie naukowe Habilitanta.
- dokumenty uzupełniające, w skład których wchodzi; dane Habilitanta, kopia dyplomu doktora nauk technicznych, kopia informacji o uzyskanym patencie, zestawienie danych bibliometrycznych Habilitanta.

2. Charakterystyka ogólna

Dr inż. Przemysław Ptak w 2010 roku uzyskał tytuł inżyniera na Wydziale Elektrycznym Akademii Morskiej w Gdyni. Po ukończeniu studiów pierwszego stopnia podjął naukę na studiach drugiego stopnia pracując jednocześnie na stanowiskach inżyniera elektronika do spraw aparatury sejsmicznej w wielu krajach Europy i Azji. Studia drugiego stopnia ukończył w 2012 roku. W okresie od 2013 do 2017 roku był słuchaczem studiów trzeciego stopnia także w Akademii Morskiej w Gdyni. Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektronika otrzymał w 2017 roku na podstawie pracy p.t: „*Modelowanie wpływu zjawisk cieplnych na własności elektryczne i optyczne półprzewodnikowych źródeł światła stosowanych w technice oświetleniowej*”. Promotorem w przewodzie doktorskim dr inż. Przemysława Ptaka był prof. dr hab. inż. Krzysztof Górecki a recenzentami byli; dr hab. inż. Marcin Janicki z Politechniki Łódzkiej i dr hab. inż. Paweł Śniatała z Politechniki Poznańskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Elektroniki Morskiej na Wydziale Elektrycznym Akademii Morskiej w Gdyni (obecnie Uniwersytet Morski w Gdyni) , a od października 2020 roku do chwili obecnej na stanowisku profesora uczelni. Badania prowadzone przez dr inż. Przemysław Ptaka obejmują zagadnienia związane z oceną wpływu technologii montażu i zjawisk cieplnych na parametry energetyczno-światłne źródeł LED.

3. Ocena cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych i recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych stanowiącej osiągnięcie naukowe, o którym mówi art. 219 ust. 1, pkt 2b obowiązującej ustawy „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce”

3.1. Ważność i aktualność tematyki

W ostatniej dekadzie dwudziestego wieku Shuji Nakamura skonstruował diodę opartą na GaN emitującą światło niebieskie. Powyższe odkrycie zapoczątkowało powstanie diod elektroluminescencyjnych emitujących światło białe. Obecnie produkowane diody oparte na tym rozwiązaniu charakteryzują się mocą od kilku do kilkunastu watów. Pojedyncza dioda emituje jednak zbyt małą wartość strumienia świetlnego, by mogła indywidualnie spełnić wymagania w bardziej zaawansowanych obszarach oświetleniowych. Wykorzystanie diod w takich obszarach stało się możliwe poprzez łączenie diod ze sobą, tworząc tzw. panele lub matryce LED. Panele takie, zawierają w swojej strukturze kilkanaście lub kilkadziesiąt półprzewodnikowych źródeł światła.

Źródła LED mimo stałego i dynamicznego rozwoju technologicznego w zakresie uzyskiwania lepszych parametrów energetyczno-fotometrycznych (np. dużej skuteczność świetlna), posiadają również ograniczenia związane głównie z temperaturą złącza półprzewodnikowego. Mała powierzchnia złącza powoduje występowanie dużych gęstości cieplnych, a więc i problemów z odprowadzaniem ciepła do otoczenia, konsekwencją czego jest wzrost temperatury złącza materiału półprzewodnikowego. Wzrost temperatury powoduje spadek wartości emitowanego strumienia świetlnego, zmianę długości fali dominującej, jak

również spadek żywotności źródła LED. Ograniczenie temperatury złącza i jej stabilizacja zapewniające stałość parametrów świetlnych oraz dłuższą żywotność, aktualnie jest jednym z najważniejszych zagadnień projektowania i konstrukcji diod elektroluminescencyjnymi jako źródeł światła. Oprócz zjawiska samonagrzewania złącza półprzewodnikowego, związanego bezpośrednio z mocą cieplną pojedynczej diody, w panelach LED występują wzajemne sprzężenia termiczne pomiędzy wieloma źródłami zainstalowanymi na panelu (matrycy), które należy uwzględniać w procesie projektowania źródeł światła gdyż mają istotny wpływ na temperaturę złącza a więc i parametry fotometryczne LED. Istotnym czynnikiem, który także wpływa na temperaturę złącza są warunki i sposób montażu.

Habilitant wywodzi się z ośrodka, w którym od lat z sukcesem prowadzone są badania obejmujące tę problematykę. W tym obszarze znajdują się także badania Habilitanta opisane w przedstawionym osiągnięciu naukowym (16 publikacji) pt. *„Badanie wpływu wybranych procesów montażu i zjawisk cieplnych na parametry elektryczne, termiczne i optyczne komponentów półprzewodnikowych źródeł światła”*. Efekty prowadzonych badań są dobrze udokumentowane. Powyższe wyjaśnienia świadczą o istotnym znaczeniu i aktualności tematyki prezentowanej w osiągnięciu naukowym (przedstawionym jako 16 publikacji) dr. inż. Przemysława Ptaka. Dlatego uważam że rozwijanie tej tematyki jest uzasadnione nie tylko ze względów naukowo-poznawczych lecz głównie ze względów aplikacyjnych.

3.2. Ocena osiągnięcia naukowego

W ramach postępowania habilitacyjnego dr inż. Przemysław Ptak jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, ocenie poddano cykl 16 artykułów pod wspólnym tytułem *„Badanie wpływu wybranych procesów montażu i zjawisk cieplnych na parametry elektryczne, termiczne i optyczne komponentów półprzewodnikowych źródeł światła”*

- A1. Górecki K., Dziurdzia B., Ptak P.: The influence of a soldering manner on thermal properties of LED module. *Soldering & Surface Mount Technology*, Vol. 30, No. 2, 2017, pp. 81-86
- A2. Górecki K., Ptak P.: New dynamic electro-thermo-optical model of power LEDs. *Microelectronics Reliability*, Vol. 91, 2018, pp. 1-7
- A3. Górecki K., Ptak P.: New method of measurements transient thermal impedance and radial power of power LEDs. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 69, No. 1, 2019, pp. 212-220
- A4. Dziurdzia B., Górecki K., Ptak P.: Influence of a soldering process on thermal parameters of large power LED modules. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, Vol. 9, No. 11, 2019, pp. 2160-2167.
- A5. Janicki M., Torzewicz T., Ptak P., Raszkowski T., Samson A., Górecki K.: Parametric compact thermal models of power LEDs. *Energies*, Vol. 12, No. 9, 2019, 1724.
- A6. Ptak P., Górecki K., Dziurdzia B.: Modelling thermal properties of large LED modules. *Materials Science Poland*, Vol. 37, No. 4, 2019, pp. 628-638
- A7. Górecki K., Ptak P.: Influence of the area of a thermal pad on optical and thermal parameters of LED modules. *Circuit World*, Vol. 46, No. 2, pp. 65-70.

- A8. Skwarek A., Ptak P., Górecki K., Hurtony T., Illés B.: Microstructure influence of SACX0307-TiO₂ composite solder joints on thermal properties of power LED assemblies. *Materials*, Vol. 13, No. 7, 2020,
- A9. Janicki M., Ptak P., Torzewicz T., Górecki K.: Compact thermal modeling of modules containing multiple power LEDs. *Energies*, Vol. 13, No. 12, 2020,
- A10. Janicki M., Ptak P., Torzewicz T., Górecki K.: Compact thermal modelling of color LEDs – a comparative study. *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 67, No. 8, 2020, pp. 3186-3190
- A11. Górecki K., Ptak P., Torzewicz T., Janicki M.: Influence of a thermal pad on selected parameters of power LEDs. *Energies*, Vol. 13, No. 14, 2020,
- A12. Ptak P., Górecki K., Skwarek A., Witek K., Tarasiuk J.: The influence of soldering process parameters on the optical and thermal properties of power LEDs. *Soldering & Surface Mount Technology*, Vol. 32, No. 4, 2020, pp. 191-199
- A13. Górecki K., Ptak P.: Thermal, photometric and radiometric properties of multi-color LEDs situated on the common PCB. *Electronics*, Vol. 9, No. 10, 2020,
- A14. Górecki K., Ptak P.: Compact modelling of electrical, optical and thermal properties of multi-colour power LEDs operating on a common PCB. *Energies*, Vol. 14, No. 11, 2021, 1286.
- A15. Górecki K., Ptak P., Janicki M., Napieralska M.: Comparison of properties for selected experimentals set-ups dedicated to measuring thermal parameters of power LEDs. *Energies*, Vol. 14, No. 11, 2021, 3240
- A16. Skwarek A., Krammer O., Hurtony T., Ptak P., Górecki K., Wroński S., Straubinger D., Witek K., Illés B.: Application of ZnO nanoparticles in Sn₉₉Ag_{0.3}Cu_{0.7}-Based composite solder alloy. *Nanomaterials*, Vol. 11, No. 6, 2021, 1545.

Jak podają dane statystyczne w latach 1990 do 2020 ponad 25% wytwarzanej energii na świecie zużywane było na cele oświetleniowe. Obniżenie zużycia energii przez systemy oświetleniowe można uzyskać wymieniając w istniejących instalacjach źródła światła o niskiej skuteczności na źródła o dużej skuteczności świetlnej, natomiast w instalacjach nowoprojektowanych stosować; źródła o dużej skuteczności, układy świetlno-optyczne o dużej efektywności, inteligentne sterowania, itd. Jak widać w każdym z tych przypadków o obniżeniu zużycia energii decydujące znaczenia ma źródło światła. Dlatego okres ostatnich dwudziestu lat był czasem, kiedy półprzewodnikowe źródła światła LED, stopniowo zrewolucjonizowały obszar techniki świetlnej, cechują się obecnie największą skutecznością świetlną (jako źródło heterochromatyczne). Do celów oświetleniowych najczęściej stosowane są diody dużej mocy. Charakteryzują się one mocą od kilku do kilkunastu watów i generują strumień świetlny o wartości umożliwiającej zastosowanie ich do prostych zadań oświetleniowych. W przypadku zaawansowanych obszarów oświetleniowych łączy się diody ze sobą w zespoły, tworząc tzw. panele lub matryce LED. Zawierają one w swojej strukturze kilkanaście lub kilkadziesiąt półprzewodnikowych źródeł światła, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie wymaganej wartości strumienia świetlnego. W tak skonstruowanych modułach LED występują wzajemne sprzężenia cieplne między poszczególnymi diodami LED.

Jak wskazano (3.1) diody mocy (tak pojedynczy jak i moduły) posiadają również ograniczenia związane głównie z temperaturą złącza półprzewodnikowego. Wzrost temperatury powyżej granicznej wartości powoduje pogorszenie parametrów energetyczno-optycznych źródła. Rozpoznanie zjawisk i przyczyn zmian temperatury złącza diod winno mieć istotny wpływ na rozwiązania konstrukcyjne, a w dalszej kolejności na zakres możliwych zastosowań.

Obszar badań naukowych Habilitanta przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora dotyczył zagadnień modelowania ETO diod mocy oraz wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych pojedynczych diod i modułów. Monotematyczny cykl szesnastu publikacji przedstawiony do oceny jako osiągnięcie naukowe jest kontynuacją badań zapoczątkowanych przed uzyskaniem stopnia doktora.

W celu wyznaczenia charakterystyk termicznych diod LED mocy i modułów LED wykorzystuje się mikroskopowe lub skupione modele termiczne. Modele mikroskopowe są bardzo pracochłonne wymagają skomplikowanej aparatury, cechują się znacznie wyższą dokładnością niż modele skupione. Choć błąd odwzorowania modeli skupionych jak wskazują dane literaturowe oraz badania Habilitanta z reguły nie przekracza 10%, co jest w pełni akceptowalne. Uważam, że ze względu na koszty i możliwości dostępu do aparatury, Habilitant w swoich badaniach skupił się nad modelami termicznymi sprzężonymi ze standardowymi symulatorami SPICE

Wyniki badań Habilitanta, dotyczące udoskonalenia modeli ETO (diod opracowanych w okresie przed uzyskaniem doktoratu, jak i modeli istniejących) oraz opracowania nowych rozwiązań pomiarowych wraz z ich weryfikacją zgodności przy różnych uwarunkowaniach, zostały zaprezentowane w szesnastu monotematycznych publikacjach przedstawionych jako osiągnięcie naukowe.

W pracy A2 Habilitant przedstawił i przedyskutował nowy model ETO diody LED dedykowany dla oprogramowania SPICE. Zaprezentowany model składa się z trzech bloków (modeli); (elektrycznego, optycznego i termicznego) i umożliwiają obliczenia nieizotermicznych charakterystyk prądowo-napięciowych, przebiegów temperatury wnętrza, oraz parametrów fotometrycznych diod LED mocy. Model umożliwia obliczanie zarówno charakterystyk dc rozważanych LED, jak i przebiegi wielkości elektrycznych, termicznych i optycznych. Wykorzystując zmierzone charakterystyki dc gęstości mocy optycznej oraz katalogowe charakterystyki emisji promieniowania optycznego. oblicza się wartości parametrów optycznych. Porównanie wyników obliczeń z wynikami pomiarów dla diod LED pracujących zarówno w stanie stałym jak i dynamicznym, potwierdza dużą zgodność opracowanego modelu. Zaproponowano jednocześnie metodę estymacji wartości parametrów tego modelu.

Model ETO diod LED modułu (wielu diod umieszczonych na wspólnym podłożu) Habilitant przedstawił w A14. Za pomocą którego można obliczyć prądy i napięcia rozważanych diod, ich temperaturę złącza oraz wybrane parametry radiometryczne, uwzględniając jednocześnie zjawiska samonagrzewania w każdej z diod LED oraz wzajemne sprzężenia termiczne pomiędzy każdą parą rozważanych diod. W pracach dokonano weryfikacji zaproponowanych modeli dla wybranych diod. Weryfikację poprawności modelu

przeprowadzono w warunkach, zasilana tylko jedna diody oraz zasilania wszystkich diod (sześciu) umieszczonych na jednym podłożu. Pozwoliło to na wyznaczenie wzajemnych sprzężeń termicznych między diodami umieszczonymi na tym samym podłożu. Wyniki pomiarów i obliczeń zarówno w warunkach statycznych, jak i dynamicznych wykazały dużą zgodność opracowanego modelu. Uzyskane wyniki wykazały również, że główne parametry termiczno-optyczne diod LED zależą od dominującej długości fali emitowanego światła. Obszerne wyniki badań przedstawiono w pracy A13. Wartość tego materiału byłaby znacznie większa gdyby Autor przedstawił wyniki weryfikacji dla modułu złożonego z kilkudziesięciu diod o złożonej geometrii.

W kilku publikacjach A3, A5, A6, A9, A10, A13 Habilitant przedstawił i przeanalizował możliwość nowego podejścia w zakresie możliwości adaptacji wybranych modeli termicznych i metod pomiaru parametrów elektryczno-termiczno-optycznych diod.

W pracy A3 Habilitant zaproponował nową metodę wyznaczania wartości emitowanej mocy optycznej na podstawie zmierzonych wartości rezystancji termicznej dla diody spolaryzowanej w kierunku przewodzenia, oraz dla diody pracującej w zakresie przebicia. W opracowanej metodzie pomiarowej temperatura wnętrza struktury półprzewodnikowej jest mierzona za pomocą pośredniej metody elektrycznej, która polega na rejestracji „krzywej chłodzenia”, czyli czasowego przebiegu napięcia na przewodzącym złączu p-n. Warunkiem koniecznym prowadzenia badań była zasada, by wartość ustalonej wydzielanej mocy elektrycznej była stała, niezależnie od warunków chłodzenia. Weryfikację wiarygodności wyników parametrów termicznych diod uzyskanych za pomocą opracowanego układu pomiarowego Autor przeprowadził za pomocą specjalizowanego systemu T3star, a wyniki tych badań porównawczych zostały wykorzystane w A15.

W pracy A5 Habilitant dokonał analizy kompaktowych modeli termicznych, wykazując ich ograniczenia. Zaproponował nową metodologię generowania sparametryzowanych modeli drabinkowych, które mogą być stosowane w szerokim zakresie warunków pracy i chłodzenia diod, a uzyskane wyniki pomiarów termicznych i optycznych pozwalają na wyznaczenie optycznej i rzeczywistej mocy grzejnej. Obliczone widma termicznych stałych czasowych dla wyznaczonych krzywych chłodzenia służą do wygenerowania sparametryzowanych modeli drabinkowych diod w postaci drabinek Cauera. Na przykładzie Habilitant wykazał, że przy odpowiednim wyznaczeniu rzeczywistej mocy nagrzewania oraz podziale widm termicznych, stałych czasowych w miejscach ich minimów możliwe jest uzyskanie zwartych modeli termicznych w postaci drabinek Cauera o fizycznie sensownych wartościach elementów.

W pracy A6 Habilitant przedstawił zwarty model termiczny dużego modułu LED. Model ten umożliwia obliczenie temperatury wewnętrznej każdej diody z uwzględnieniem zjawisk samonagrzewania oraz wzajemnych sprzężeń termicznych pomiędzy diodami zawartymi w tym module. Zaprezentował także sposób szacowania wartości parametrów tego modelu w postaci sieci RC. Wykazał, że wzajemne sprzężenia termiczne pomiędzy diodami zawartymi w module mają wpływ na wzrost temperatury wewnętrznej każdej diody, a różnice pomiędzy wartościami temperatury wewnętrznej każdej z diod zwiększają się wraz ze

wzrostem prądu płynącego.. Poprawność modelu została zweryfikowana doświadczalnie dla wielu przypadków rozpraszania ciepła w tym module.

Natomiast w pracy A9 Habilitant zaproponował metodologię generowania takich kompaktowych modeli termicznych. Zaprezentował go na przykładzie modułu zawierającego sześć diod mocy, które są przylutowane do płytki drukowanej z rdzeniem metalowym MCPCB w kształcie regularnego sześciokąta. Przedstawił wyniki pomiarów temperatury, które pozwalają na obliczenie funkcji struktury termicznej oraz widm stałych czasowych, umożliwiając tym samym wygenerowanie zwartych modeli termicznych, które otrzymano w postaci drabinek Cauera RC. Modele te zostały wykorzystane do symulacji krzywych nagrzewania urządzeń z uwzględnieniem sprzężeń termicznych pomiędzy diodami.

W pracy A10 zaproponował alternatywną metodę otrzymywania kompaktowych modeli termicznych dla kolorowych diod pracujących na wspólnym podłożu, polegającą na wykorzystaniu pomiarów dynamicznych odpowiedzi termicznych. Wyniki pomiarów metodą NID pozwalają na wykrycie różnic pomiędzy poszczególnymi diodami i wygenerowanie ich CTM. Powstałe w ten sposób drabinkowe modele termiczne RC zawierają bardzo ograniczoną liczbę stopni, co ułatwia dalszą analizę, ale zapewniają jednocześnie zgodne wyniki symulacji co wykazano w pracy.

Wpływ procesu montażu, technologii lutowania, kompozycji stopu lutowniczego, rodzaju podłoża, wielkości pada, siły docisku pada do podłoża na warunki cieplne diod LED Habilitant przedstawił w publikacjach; A1, A4, A7, A8, A11, A12, A16.

W pracy A1 zaprezentowane są wyniki badań właściwości termicznych modułów LED, w których zastosowano różne techniki lutowania. Wykorzystując opracowaną metodę pomiarową przedstawioną w A2 oraz dedykowany układ pomiarowy, mierzy się nieustalone impedancje cieplne modułów LED, montowanych różnymi procesami lutowniczymi lub montowanych do radiatora z różnymi wartościami sił docisku. Wyniki otrzymane z przeprowadzonych badań wskazują jednoznacznie, że sposób lutowania i dodatkowe komponenty stosowane w procesie lutowania silnie wpływają na efektywność odprowadzania ciepła generowanego w module.

Wpływ procesu lutowania na właściwości cieplne dużych modułów LED, Habilitant przedstawił w A4. Badaniami objęto moduły o różnych technologiach lutowania tj lutowanie konwekcyjne rozplywowe i lutowanie w fazie gazowej. Uzyskane wyniki badań wskazują jednoznacznie, że stosując lutowanie w fazie gazowej uzyskuje się znacznie wydajniejsze chłodzenie badanych modułów LED. Natomiast w pracy A12 po przeprowadzonej dyskusji wykazano, że rodzaj pieca oraz profil cieplny lutowania znacząco wpływają na skuteczność odprowadzania ciepła wytworzonego w badanych diodach LED. Wpływ ten charakteryzuje się zmianami oporu cieplnego. Różnice pomiędzy wartościami tego parametru mogą przekraczać kilkadziesiąt procent, z tym że wielkość różnicy zależy od składu pasty lutowniczej.

Wpływ wymiarów padów termicznych oraz rodzaju zastosowanego podłoża PCB na parametry termiczne i optyczne modułów LED, Habilitant przeanalizował w A7, A11. Wykazał, że zastosowanie płytek PCB z metalowym rdzeniem wpływa w znacznie większym stopniu na parametry termiczne i optyczne badanych modułów LED niż zmiany powierzchni

podkładek termicznych. Zastosowanie większych podkładek termicznych powoduje spadek wartości rezystancji termicznej modułu. Ilościowo taki sam wynik uzyskuje się przy zastosowaniu podstawki MCPCB zamiast klasycznej podstawki FR-4. Wpływ powierzchni padów termicznych jest bardziej widoczny dla klasycznych płytek wykonanych z podłoża FR-4 niż dla MCPCB. W pierwszym przypadku różnice w wartości rezystancji termicznej mogą wynosić nawet do kilkadziesiąt procent, podczas gdy dla modułów z MCPCB tylko kilka procent. Z kolei przy zastosowaniu MCPCB o tej samej powierzchni podkładek termicznych, wartość rezystancji termicznej jest znacznie mniejsza niż dla klasycznej płytki FR-4 PCB.

W pracach A8, A16 Autor przeanalizował mikrostrukturę różnych połączeń lutowniczych na podstawie przekrojów poprzecznych przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej i optycznej. Stwierdził, że niektóre dodatki wprowadzane np. TiO_2 do spoiwa lutowniczego zmniejszyły rezystancje termiczną i elektryczną źródeł LED. W szeroko przeprowadzonej analizie kompozytowych stopów lutowniczych wykluczył wiele związków bądź to ze względów termicznych lub mechanicznych.

Na podstawie szczegółowej analizy cyklu monotematycznego prac przedstawionych do oceny jako dorobek habilitacyjny można stwierdzić, że;

- zakres osiągnięcia naukowego został przez Habilitanta dobrze zdefiniowany,
- zawartości 16 artykułów przedstawionych przez Habilitanta (jako osiągnięcie naukowe) wskazuje, że obejmują one; pomiary parametrów cieplnych i optycznych źródeł LED, modelowanie zjawisk termicznych w LED, wpływ czynników zewnętrznych na parametry termiczno-optyczne z obszaru dyscypliny Automatyka Elektronika i Elektrotechnika,
- wyniki i zakres badań zestawu publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego świadczą o dobrym przygotowaniu warsztatu badawczego Habilitanta,
- wyniki badań są opublikowane w czasopismach indeksowanych o stosunkowo wysokim IF
- publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego opublikowane (przed 2021 rokiem) są wielokrotnie cytowane,
- wszystkie artykuły mają znamiona pracy naukowej, a uzyskane wyniki mogą jednocześnie być pomocne dla konstruktorów i technologów.

3.3 Podsumowanie oceny osiągnięcia naukowego

Ocena podsumowująca osiągnięcie naukowe jako cykl publikacji i osiągnięć badań w nich prezentowanych wynika z przedstawionej wyżej analizy publikacji. Pozytywnie oceniam wybór i aktualność tematyki badawczej będącej przedmiotem przedstawionego osiągnięcia naukowego w cyklu powiązanych tematycznie 16 publikacji.

W opiniowanym cyklu publikacji (A1 do A16) znajdują się fragmenty o charakterze akademickim, ale przeważają opisy badań własnych Autora. Takie połączenie pozwala na szersze spojrzenie na tematykę dotyczącą rezystancji termicznej diod i jej wpływu na parametry eksploatacyjne oraz na głębszą ocenę zasadności kierunku badań podjętych przez Habilitanta.

Uważam, że w ocenianym cyklu publikacji można wyodrębnić dwie grupy osiągnięć: (a) osiągnięcia o charakterze naukowym i (b) osiągnięcia inżynierskie, które można też zaliczyć do osiągnięć wdrożeniowych.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych zaliczam;

- opracowanie nowej metody pomiaru przejściowej impedancji termicznej przy polaryzacji diod LED mocy w kierunku przewodzenia jak i w zaporowym,
- opracowanie metody wyznaczania mocy optycznej emitowanej,
- opracowanie nowego modelu ETO diod mocy uwzględniającego wpływ mocy optycznej emitowanej przez diody, który umożliwia wyznaczenie nieizotermicznych charakterystyk statycznych oraz dynamicznych
- opracowanie skupionego modelu termicznego małych i dużych modułów LED,.

Natomiast osiągnięciem inżynierskim jest doświadczalne wykazanie;

- jak i jaki rodzaj technologii lutowania,
- rodzaj zastosowanych past lutowniczych,
- rodzaj podłoża,

w sposób istotny wpływa na parametry termiczne złącza.

Wpływ każdego z wyżej wymienionych czynników na parametry termiczne złącza zostały zweryfikowane badaniami eksperymentalnymi.

Osiągnięcia badań opisanych w cyklu monotematycznych publikacji zostały rozpropagowane przez Habilitanta w renomowanych czasopismach między innymi w ;Microelectronics Reliability, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Energies, Materials Science Poland, Circuit World, Materials, IEEE Transactions on Electron Devices, Soldering & Surface Mount Technology, Electronics, Nanomaterials,

Zdeklarowany przez Habilitanta i potwierdzony przez współautorów udział w przedmiotowych artykułach wynosi nieco ponad 35%.

Uwzględniając powyższe, uważam, że przedstawiony jako osiągnięcie naukowe cykl powiązanych tematycznie artykułów, opublikowanych w czasopismach naukowych i recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych p.t.: „*Badanie wpływu wybranych procesów montażu i zjawisk cieplnych na parametry elektryczne, termiczne i optyczne komponentów półprzewodnikowych źródeł światła*”, spełnia wymogi obowiązującej ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” i wnosi znaczny wkład w rozwój dyscypliny „Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika”

4. Wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny i jego aktywność naukowa, o której mówi art. 219 ust. 1, pkt 3 obowiązującej ustawy „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce

W trakcie swojej kariery naukowej dr inż. Przemysław Ptak brał udział w realizacji dwóch kierunków badawczych, które zaowocowały przed uzyskaniem stopnia doktora siedmioma artykułami oryginalnymi. W jednym z nich pełnił rolę jedyne go autora a pozostałe 6 artykułów to prace wieloautorskie. Prace te były opublikowane w; Zeszytach Naukowych Akademii Morskiej w Gdyni (2), Przegląd Elektrotechniczny (1), Elektryka (1), Microelectronics International (1), Elektronika (1), International Journal of Microelectronics and Computer Science (1). Część z tych prac ma po kilka cytowań. Pod względem liczby publikacji ważnym obszarem badań były zagadnienia związane z modelowaniem zjawisk

cieplnych diod oraz wpływem spoiwa i montażu na parametry termiczno-optyczne. Uzupełnieniem dorobku publikacyjnego był udział w jedenastu konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym (na terenie Polski). Na wszystkich konferencjach prace prezentowane były podczas sesji plakatowych. Tematyka dziesięciu prezentacji dotyczyła zagadnień cieplnych diod.

Dr inż. Przemysław Ptak jak wspominałem wywodzi się z zespołu o ugruntowanej, wysokiej pozycji w środowisku naukowym zajmującym się zagadnieniami związanymi z modelowaniem zjawisk cieplnych diod oraz wpływem czynników zewnętrznych na parametry termiczno-optyczne.. W związku z tym Jego rozpoznawalność w środowiskach związanych z elektrotechniką oraz aktywność naukowa są pochodnymi kontaktów i dużej aktywności zespołu.

Dorobek naukowy dr inż. Przemysława Ptaka po uzyskaniu stopnia doktora, poza zgłoszonym jako osiągnięcie naukowe jest współautorem dziesięciu artykułów w czasopiśmie; Przegląd Elektrotechniczny (2018, 2019, 2019, 2020, 2020), Elektryka (2017), Microelectronics Reliability (2017), Journal of Circuit Theory and Applications (2018), International Journal of Electronics and Telecommunications (2019), Energies (2021). Brał czynny udział w szesnastu konferencjach naukowych, z prezentacją w siedmiu (prezentując jedenaście tematów) w tym na renomowanych konferencjach międzynarodowych np. Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering IEEE CPE-POWERENG, International Workshop Thermal Investigations of ICs and Systems oraz w dziewięciu z prezentacją podczas sesji plakatowych (jedenaście tematów).

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczył w pracach badawczych zespołów realizujących cztery projekty finansowane w drodze konkursów, oraz uczestniczył w siedmiu małych projektach wewnętrznych zleczonych przez Uniwersytet Morski w Gdyni.

Habilitant odbył w 2019 roku średniookresowy (ośmiotygodniowy) staż naukowy w Katedrze Mikroelektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Łódzkiej, podczas którego prowadził badania w zakresie wpływu trybu pracy lampy LED na jej parametry elektryczne i optyczne i układów do pomiaru parametrów termicznych diod LED mocy. Efektem stażu ukazało się sześć publikacji w renomowanych czasopiśmie oraz jedno wystąpienie na konferencji.

Przy ocenie pozycji Habilitanta w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym należy uwzględnić, że jest członkiem w komitetach redakcyjnych czasopism naukowych; Editorial Board Member czasopisma Applied Sciences, wydawnictwo MDPI, Guest Editor numeru specjalnego czasopisma Applied Sciences pt: „Advanced power devices and power systems”, wydawnictwo MDPI, 2021 r. , oraz był proszony o przygotowanie recenzji artykułów do renomowanych czasopism, np. do Energies (7 recenzji), Sensors (1 recenzja), Applied Sciences (1 recenzja), Soldering & Surface Mount Technology (2 recenzje) oraz Circuit World (4 recenzje). International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems oraz Intelligent Buildings International.

O krajowej i międzynarodowej pozycji naukowej dr inż. Przemysława Ptaka może świadczyć liczba prac przygotowanych przez naukowców, w których są cytowane artykuły autorstwa Habilitanta. W bazie Web of Science Core Collection (WoS), w której znalazłem 36

prac Habilitanta, jest informacja o 29 artykułach cytowanych Jego współautorskie artykuły. Wartość indeksu Hirscha dla dorobku Habilitanta, obliczana na podstawie cytowań podanych w wymienionej bazie WoS wynosi 10 i jest powyżej średniej dla dorobku osób starających się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Automatyka Elektronika i Elektrotechnika.

Należy odnotować aktywny udział dr inż. Przemysława Ptaka w programach operacyjnych, których zadaniem było przebudowa struktury i modernizacja laboratoriów Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, świadczy to o Jego zaangażowaniu w działalność zawiązaną z doskonaleniem infrastruktury środowiska akademickiego. Do działalności na rzecz tego środowiska należy też ciągła dbałość o aktualizację treści i programów kształcenie oraz pozyskiwanie informacji o najnowszych układach laboratoryjnych i systemach komputerowych wspomagających nowoczesne metody obliczeń projektowych i badań eksperymentalnych. Przejawem tej dbałości jest udział Habilitanta w licznych studiach, dokumentowany dyplomami i certyfikatami

W mojej ocenie, omówiony powyżej dorobek naukowy, w tym dorobek publikacyjny i projektowy oraz cała działalność badawcza dr inż. Przemysława Ptaka świadczą o Jego istotnej aktywności naukowej, o której mówi art. 219 ust. 1. pkt 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.

5. Podsumowanie

Uważam, że przedstawione przez dr inż. Przemysława Ptaka osiągnięcia naukowe spełniają wymogi, o których mówi art. 219 ust. 1, pkt 2b obowiązującej ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, to znaczy, że przedstawiony jako osiągnięcie naukowe cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych i recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych p.t.: *„Badanie wpływu wybranych procesów montażu i zjawisk cieplnych na parametry elektryczne, termiczne i optyczne komponentów półprzewodnikowych źródeł światła”*, wnoszą znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektrotechnika i Elektrotechnika.

Dorobek naukowy i publikacyjny dr inż. Przemysława Ptaka i zainteresowanie Jego publikacjami, a także udział w projektach badawczych oraz współpraca ze środowiskiem akademickim i gospodarczym wskazują na aktywność naukową Habilitanta.

W związku z powyższym, mogę stwierdzić, że osiągnięcia naukowe oraz aktywność naukowa dr inż. Przemysława Ptaka spełniają wymogi art. 219 ust. 1, obowiązującej ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce,

Przedstawiona opinia upoważnia mnie do poparcia wniosku o nadanie dr. inż. Przemysławowi Ptakowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.